

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

101606,756  
JPO2-905

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 7月30日

出願番号

Application Number: 特願2002-221596

[ ST.10/C ]:

[ J P 2002-221596 ]

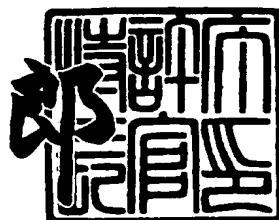
出願人

Applicant(s): 豊田工機株式会社

2003年 6月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一



出証番号 出証特2003-3043614

【書類名】 特許願  
【整理番号】 020334  
【提出日】 平成14年 7月30日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01S 3/10  
【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内  
【氏名】 加藤 喜紳  
【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内  
【氏名】 太田 浩充  
【発明者】  
【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内  
【氏名】 新野 康生  
【特許出願人】  
【識別番号】 000003470  
【氏名又は名称】 豊田工機株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100064344  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 岡田 英彦  
【電話番号】 (052)221-6141  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100087907  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 福田 鉄男  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100095278  
【弁理士】

【氏名又は名称】 犬飼 達彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100105728

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 敦子

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002875

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 集光装置及びレーザ発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射面に入射された光を所定の方向に、且つ所定の位置に向けて集光して出射面から出射する光導波路と、当該光導波路の出射面から出射された光を光ファイバの入射面に入射する集光装置であって、

光導波路の出射面で屈折する前の光における、光ファイバの長手方向に対する角度に対して、光ファイバの入射面で屈折した後の光における、光ファイバの長手方向に対する角度を小さくする屈折手段を、光導波路の出射面と光ファイバの入射面との間に設ける、

ことを特徴とする集光装置。

【請求項2】 請求項1に記載の集光装置であって、

屈折手段として、所定の屈折率を有する充填材を、光導波路の出射面と、光ファイバの入射面との間に充填する、

ことを特徴とする集光装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の集光装置であって、

所定の位置は光導波路の外部、あるいは内部であり、

屈折手段として、更に、前記所定の位置に応じて、且つ光導波路の屈折率と光導波路の出射面から光ファイバの入射面までの間の屈折率と光ファイバの屈折率に応じて、光導波路の出射面あるいは光ファイバの入射面の少なくとも一方に、前記所定の方向に対して凹状あるいは凸状の曲面を形成する、

ことを特徴とする集光装置。

【請求項4】 半導体レーザアレイと、複数の光導波路で構成された光導波路アレイと、複数の光ファイバと、集光レンズとを備え、

半導体レーザアレイには、レーザ光の進行方向に対して垂直な面において長軸と短軸を有し、長軸方向及び短軸方向に拡散しながら進行するほぼ楕円状のレーザ光を出射する発光部が、短軸方向及び長軸方向に複数配列されており、

光導波路アレイは複数の光導波路で構成されており、各光導波路は、レーザ光の入射面に集光手段が設けられており、半導体レーザアレイにおける長軸方向に

配列された複数の発光部を含む短軸方向毎のグループの発光部から出射されるレーザ光が入射面に入射されると、入射された複数のレーザ光を少なくとも長軸方向に、且つ所定の位置に向けて集光して出射面から出射して、対応する光ファイバの入射面に入射し、

各光ファイバは、対応する光導波路の出射面から出射されたレーザ光が入射面から入射されると、入射されたレーザ光を出射面から出射し、

集光レンズは、各光ファイバの出射面から出射されたレーザ光を集光するレーザ発光装置であって、

各光導波路の出射面で屈折する前のレーザ光における、対応する光ファイバの長手方向に対する角度に対して、当該光ファイバの入射面で屈折した後のレーザ光における、当該光ファイバの長手方向に対する角度を小さくする屈折手段を、当該光導波路の出射面と当該光ファイバの入射面との間に設ける、  
ことを特徴とするレーザ発光装置。

【請求項5】 請求項4に記載のレーザ発光装置であって、

屈折手段として、所定の屈折率を有する充填材を、各光導波路の出射面と、対応する光ファイバの入射面との間に充填する、  
ことを特徴とするレーザ発光装置。

【請求項6】 請求項4または5に記載のレーザ発光装置であって、

所定の位置は各光導波路の外部、あるいは内部であり、  
屈折手段として、更に、前記所定の位置に応じて、且つ各光導波路の屈折率と当該光導波路の出射面から対応する光ファイバの入射面までの間の屈折率と当該光ファイバの屈折率に応じて、各光導波路の出射面あるいは対応する光ファイバの入射面の少なくとも一方に、長軸方向に対して凹状あるいは凸状の曲面を形成する、  
ことを特徴とするレーザ発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光を集光する集光装置、及びレーザ光を集光して出力するレーザ発

光装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

図12に、従来の半導体レーザ集光装置の概略構成の例を示す。半導体レーザ（レーザダイオード等）の活性層14の発光部12から出射される半導体レーザ光（以下、「レーザ光」と記載する）は、レーザ光2の進行方向に対して垂直な面においてほぼ楕円状であり、当該楕円状のレーザ光2は、長軸方向（fast軸方向）と、短軸方向（slow軸方向）とを有する。また、当該楕円は、発光部12からの距離が長くなるほど大きくなる。そして、長軸方向と短軸方向に2次元的に配列した複数の発光部を持つ半導体レーザアレイから出射されるレーザ光を、光ファイバに集光してレーザ光の出力を増大させる半導体レーザ集光装置が知られている。

例えば、半導体レーザをレーザ加工装置の光源として用いる場合、加工に用いるレーザ光の高出力化が必要であるが、単一の発光部から出射されるレーザ光では、出力強度に限界がある。そこで、レンズ群等を用いて複数の発光部から出射されるレーザ光を集光して、レーザ光の出力を増大させている。

従来の半導体レーザ集光装置の技術として、例えば、特開2000-98191号公報では、図12に示すように、レンズ群と光ファイバ30を備え、レーザ光の発光部12から光ファイバ30までの間に、長軸方向コリメートレンズアレイ70、長軸方向集光レンズ80、短軸方向集光レンズアレイ90、の順にレンズを配置してレーザ光を光ファイバ30に集光し、レーザ光の出力を増大させることを提案している。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

半導体レーザの発光部12から出射されるレーザ光を効率良く光ファイバ30に集光してレーザ光の出力を増大させるには、より細い光ファイバに、より多くの発光部からのレーザ光を入射して密度を高めることと、より小さな入射角で入射端面に入射して、入射したレーザ光を外部に反射させることなく、効率よく光ファイバに入射する（入射端面に対して、より直角に近い角度で入射する）こと

が必要である。これにより、光ファイバ内におけるレーザ光の進行方向と、光ファイバの長手方向とのなす角度がより小さくなり、レーザ光が光ファイバ内で全反射しながら進行し、光ファイバ外部への漏れによる損失を抑制できる。

ここで、発光部12から出射されたレーザ光は、長軸方向及び短軸方向に拡がりながら進行する。拡がりながら進行するレーザ光を集光する場合、レンズ自身に非常に高い精度が要求され、そのレンズの配置位置も、非常に高い精度が要求される。

従来の半導体レーザ集光装置（例えば、特開2000-98191号公報）は、発光部の間隔が比較的広い長軸方向においては、一旦、平行光に変換してから集光しているが、発光部の間隔が比較的狭い短軸方向においては、レンズの径が非常に小さく、配置も困難であるため、平行光にしてから集光することをせず、集光のみを行っている。

#### 【0004】

従来の半導体レーザ集光装置（例えば、特開2000-98191号公報）では、図12に示すように、半導体レーザアレイ10の各発光部12（m、n）（m行n列、図12の例では、5行16列）から出射されるレーザ光を、長軸方向コリメートレンズアレイ70を通過させ、長軸方向集光レンズ80を通過させ、更に、短軸方向集光レンズアレイ90を通過させて光ファイバ30（s、t）（s行t列、図12の例では、1行8列）に入射している。

なお、全ての図面において、座標軸は、レーザ光の進行方向をZ軸、fast軸方向（長軸方向）をX軸、slow軸方向（短軸方向）をY軸としている。

なお、全ての図面は、説明を容易にするため、あるいは比較等を容易にするために、実際の寸法とは異なる寸法で記載している部分を含んでいる。

#### 【0005】

また、図12（従来の半導体レーザ集光装置）の構成における、各レンズ及びレーザ光の様子を図13（A）及び（B）に示す。図13（A）は、短軸方向に配列された2個の発光部から出射される2本のレーザ光と、長軸方向に配列された5個の発光部から出射される5本のレーザ光の合計10本のレーザ光を、1本の光ファイバに集光している。図13（A）は、図12をX軸方向から見た図（

上から見た図) であり、図13 (B) は、図12をY軸方向から見た図(横から見た図) である。

一般的によく用いられる半導体レーザアレイでは、短軸方向においては、各発光部12の幅(図13 (A) 中のDw) は約0.2mmであり、発光部と発光部の間隔(図13 (A) 中のDp) は約0.2mmである。また、各発光部から出射されるレーザ光の短軸方向の拡がり角(図13 (A) 中のθiny) は約3.5°である。

また、長軸方向において隣り合う発光部の間隔(図13 (B) 中のDh) は約1.75mmであり、各発光部の厚さ(図13 (B) 中のDt) は約0.002mmである。また、各発光部から出射されるレーザ光の長軸方向の拡がり角(図13 (B) 中のθinx) は約40°である。

#### 【0006】

例えば、このレーザ光を、光ファイバ30に、短軸方向において2本のレーザ光を集光し、長軸方向において5本のレーザ光を集光する。また、短軸方向の入射角(図13 (A) 中のθouty) が約10°以下になるように(より小さな入射角で) 集光する。

この場合、最も効率良く集光するためには、図13 (A) において、短軸方向に隣り合う発光部12から出射されるレーザ光が重なる前に短軸方向集光レンズアレイ90を配置する必要がある。レーザ光が重なる位置は、上記の数値の場合は、発光部12から約1.6mmの位置である。

しかし、発光部12から約1.6mmまでの距離の間に、長軸方向コリメートレンズアレイ70と短軸方向集光レンズアレイ90を配置する必要があり、事実上、配置は非常に困難である。

#### 【0007】

また、この場合、短軸方向集光レンズアレイ90の焦点距離(f90)を、発光部12から短軸方向集光レンズアレイ90までの距離(この場合、約1.6mm)に設定すると、短軸方向における集光の効率がほぼ最適になり、発光部12から光ファイバ30までの距離(図13 (A) 中のL)は、約3.2mmとなる。

しかし、例えば長軸方向に1.75mm間隔で配列された5個の発光部から出射されるレーザ光を、長軸方向の入射角を10°未満とするためには、約19.85mm以上の距離が必要であり、必要な数のレーザ光を集光することが非常に困難である。

## 【0008】

従って、以下の課題を解決する必要がある。

短軸方向集光レンズアレイ90と発光部12との間の距離が短い。このため、所定距離の間に、長軸方向コリメートレンズアレイ70と短軸方向集光レンズアレイ90を適切に配置することが困難である。また、光ファイバ30の位置も発光部12から短い距離になり、長軸方向の入射角( $\theta_{outx}$ )を小さく設定すると、長軸方向に集光できるレーザ光の本数が少なくなる。

本発明は、このような点に鑑みて創案されたものであり、半導体レーザアレイの複数の発光部から出射された各レーザ光を、より効率良く集光でき、且つより容易に実現できる集光装置及びレーザ発光装置を提供することを課題とする。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するための手段として、本発明の第1発明は、請求項1に記載されたとおりの集光装置である。

請求項1に記載の集光装置では、光導波路に入射された光は、所定の方向に、且つ所定の位置に集光され、光ファイバに入射される。その際、光導波路の出射面で屈折する前の光の角度(光ファイバの長手方向に対する角度)に対して、光ファイバの入射面で屈折した後の光の角度(光ファイバの長手方向に対する角度)を小さくするための屈折手段を、光導波路の出射面と光ファイバの入射面との間に設ける。

これにより、光ファイバへの光の入射角を小さくするために光導波路の入射面から出射面までの距離を大きくする必要がなくなり、光導波路を小型化することができる。また、光ファイバ内のレーザ光の進行方向と、光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良く光を集光することができる。

## 【0010】

また、本発明の第2発明は、請求項2に記載されたとおりの集光装置である。請求項2に記載の集光装置では、所定の屈折率を有する充填材を、光導波路の出射面と光ファイバの入射面との間に充填する。

光導波路の屈折率、充填材の屈折率、光ファイバの屈折率を各々適切に設定することにより、光導波路の出射面から出射された光の屈折方向、及び光ファイバの入射面に入射された光の屈折方向を適切に調節することができ、光ファイバ内のレーザ光の進行方向と、光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良く光を集光することができる。

## 【0011】

また、本発明の第3発明は、請求項3に記載されたとおりの集光装置である。請求項3に記載の集光装置では、光導波路に入射された光は、所定の方向に、且つ所定の位置に集光され、光ファイバに入射される。

例えば、光導波路で集光される所定の位置が光導波路の出射面の外側（光は光導波路の出射面から出射された先の位置に集光）で、光導波路の屈折率>光導波路と光ファイバの間（充填材、間隙等）の屈折率、且つ光ファイバの屈折率>光導波路と光ファイバの間（充填材、間隙等）の屈折率の場合、光導波路の出射面に凹状の曲面を形成する。

この場合、光導波路の出射面に所定の方向に対して凹状の曲面を形成することで、光導波路の出射面から出射された光の屈折方向（所定の方向における屈折角度）を適切に調節することができ、光ファイバ内の光の進行方向と光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良く光を集光することができる。

また、例えば、光導波路で集光される所定の位置が光導波路の出射面の内側（光は光導波路の出射面から出射される前に集光され、当該集光位置から拡散しながら出射面から出射）で、光導波路の屈折率<光導波路と光ファイバの間（充填材、間隙等）の屈折率<光ファイバの屈折率の場合、光ファイバの入射面に凸状の曲面を形成する。

この場合、光ファイバの入射面に所定の方向に対して凹状の曲面を形成するこ

とで、光ファイバの入射面に入射された光の屈折方向（所定の方向における屈折角度）を適切に調節することができ、光ファイバ内の光の進行方向と光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良く光を集光することができる。

【0012】

また、本発明の第4発明は、請求項4に記載されたとおりのレーザ発光装置である。

請求項4に記載のレーザ発光装置では、長軸方向に配列された複数の発光部を含む短軸方向毎のグループの発光部から出射されるレーザ光が、光導波路に入射されると、長軸方向に、且つ所定の位置に集光され、光ファイバに入射される。その際、各光導波路の出射面で屈折する前の光の角度（光ファイバの長手方向に対する角度）に対して、対応する光ファイバの入射面で屈折した後の光の角度（光ファイバの長手方向に対する角度）を小さくするための屈折手段を、各光導波路の出射面と対応する光ファイバの入射面との間に設ける。

これにより、光ファイバへのレーザ光の入射角を小さくするために各光導波路の入射面から出射面までの距離を大きくする必要がなくなり、光導波路アレイを小型化することができ、レーザ発光装置を小型化することができる。また、各光ファイバ内のレーザ光の進行方向と、当該光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良くレーザ光を集光することができる。

【0013】

また、本発明の第5発明は、請求項5に記載されたとおりのレーザ発光装置である。

請求項5に記載のレーザ発光装置では、所定の屈折率を有する充填材を、各光導波路の出射面と、対応する光ファイバの入射面との間に充填する。

光導波路の屈折率、充填材の屈折率、光ファイバの屈折率を各々適切に設定することにより、各光導波路の出射面から出射された光の屈折方向、及び対応する光ファイバの入射面に入射された光の屈折方向を適切に調節することができ、各光ファイバ内のレーザ光の進行方向と、当該光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良くレーザ光を集光することができる

## 【0014】

また、本発明の第6発明は、請求項6に記載されたとおりのレーザ発光装置である。

請求項6に記載の集光装置では、長軸方向に配列された複数の発光部を含む短軸方向毎のグループの発光部から出射されるレーザ光が、光導波路に入射されると、長軸方向に、且つ所定の位置に集光され、光ファイバに入射される。

例えば、光導波路で集光される所定の位置が光導波路の出射面の外側（光は光導波路の出射面から出射された先の位置に集光）で、光導波路の屈折率<光導波路と光ファイバの間（充填材、間隙等）の屈折率<光ファイバの屈折率の場合、光ファイバの入射面に凹状の曲面を形成する。

この場合、各光導波路に対応する光ファイバの入射面に長軸方向に対して凹状の曲面を形成することで、当該光ファイバの入射面に入射されたレーザ光の屈折方向（長軸方向における屈折角度）を適切に調節することができ、当該光ファイバ内のレーザ光の進行方向と当該光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良くレーザ光を集光することができる。

また、例えば、光導波路で集光される所定の位置が光導波路の出射面の内側（光は光導波路の出射面から出射される前に集光され、当該集光位置から拡散しながら出射面から出射）で、光導波路の屈折率>光導波路と光ファイバの間（充填材、間隙等）の屈折率、且つ光ファイバの屈折率>光導波路と光ファイバの間（充填材、間隙等）の屈折率の場合、各光導波路の出射面に凸状の曲面を形成する

この場合、各光導波路の出射面に長軸方向に対して凸状の曲面を形成することで、光導波路の出射面から出射されたレーザ光の屈折方向（長軸方向における屈折角度）を適切に調節することができ、対応する光ファイバ内のレーザ光の進行方向と当該光ファイバの長手方向とのなす角度をより小さくすることができるので、効率良くレーザ光を集光することができる。

## 【0015】

## 【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1は、本発明の集光装置及びレーザ発光装置の一実施の形態の概略構成図を示している。

図1に示す実施の形態では、図12に示す従来のレーザ集光装置に対して、半導体レーザアレイ10と光ファイバ30との距離を非常に大きくできる（従来では約3.2mmのところを、本実施の形態ではレーザ光の進行方向に対する光導波路アレイ200の長さに応じて、数cm以上（本実施の形態の例では、約20cm）に設定することも可能）。このため、光ファイバ30への入射角を小さくできるので、より効率良くレーザ光を集光することができる。

また、図12に示す従来のレーザ集光装置に対して、長軸方向コリメートレンズアレイ70、長軸方向集光レンズ80、短軸方向集光レンズアレイ90とを省略し、その代わりに光導波路アレイ200を設けているので、構成が簡素化され、組み付け時の調整等（各レンズ等の配置位置の微調整等）が従来のレーザ集光装置に比して、非常に容易である。

#### 【0016】

##### 【全体構成（図1）】

図1に示す本実施の形態では、発光部12（m, n）（m行n列、図1の例では5行16列）を、長軸方向毎の複数の第1グループに分割し、各第1グループ毎のレーザ光を各光導波路20（s, t）（s行t列、図1の例では1行16列）で集光して、各光ファイバ30（s, t）（s行t列、図1の例では1行16列）に入射する。

#### 【0017】

半導体レーザアレイ10は、複数の発光部12を有し、单一の発光部を有する半導体レーザを2次元的に配列して、あるいは一列に複数の発光部を有するアレイ型半導体レーザを積層または配列して、あるいは2次元配列されたスタック型半導体レーザで、構成されている。本実施の形態では、スタック型レーザダイオードを用いている。

光導波路アレイ200は、発光部12（m, n）の長軸方向毎の各第1グループ毎に対応する光導波路20（s, t）が、短軸方向に複数配列されて構成されている。各光導波路20（s, t）内に入射されたレーザ光は、入射された光導

波路20(s, t)内を、ほぼ全反射しながら進行する(詳細は後述する)。

光導波路アレイ200は、半導体レーザアレイ10の各発光部12から入射された複数のレーザ光を、長軸方向に対して各光ファイバ30(s, t)の入射面に集まるように、長軸方向に集光(束ね、あるいは集約)する。

なお、以下、「束ねる」とは、各レーザ光の径をほぼ縮めることなく複数のレーザ光を集めることをいい、「集約する」とは、各レーザ光の径を縮めるあるいは径を縮めるとともに複数のレーザ光を集めることをいう。また、「集光する」とは、「束ねる」あるいは「集約する」方法を用いて、レーザ光の出力を高めることをいう。

#### 【0018】

各光ファイバ30(s, t)の入射面には、各光導波路20(s, t)の出射面から、少なくとも長軸方向に集光されたレーザ光が入射される。そして、集光レンズ100は、任意の形状に束ねられた光ファイバ30の出射面から出射されたレーザ光を、各々所定の位置に集光する。これにより、半導体レーザアレイ10の複数の発光部12(m, n)から出射された複数のレーザ光は、所定の位置に集光され、加工等に用いることができるよう、レーザ光の出力を増大させることができる。

#### 【0019】

##### 〔光導波路20(s, t)の概略構造(図2)〕

次に、図2を用いて光導波路20の概略構造について説明する。光導波路20におけるレーザ光の入射面には集光手段として、複数のレンズ(例えば、ほぼ短軸方向に中心軸を有するシリンドリカル状の凸状レンズ22a～22e(第1レンズ))が長軸方向に複数配列して構成されている。

また、図2に示す光導波路20の例では、第1レンズ22a～22eが配置された面をレーザ光の入射面として、当該入射面と反対側に位置する面をレーザ光の出射面としている。そして、入射されたレーザ光を集光して出射面から出射するために、図2に示す例では、長軸方向(X軸方向)において、入射面の寸法よりも出射面の寸法の方が小さくなるように構成されている(テーパ形状に構成されている)。なお、本実施の形態では、入射面と出射面の短軸方向(Y軸方向)

における寸法はほぼ同じであるが、出射面の方が小さな寸法となるように構成してもよい。また、第1レンズを適切に構成すれば、特に長軸方向に対してテーパ形状にしなくとも長軸方向に集光することができる。

なお、光導波路20は、ガラス等様々な材質を用いることができる。

### 【0020】

【各構成要素の配置と、光ファイバまでのレーザ光の集光状態（図3）】

次に、図3（A）及び（B）を用いて、発光部12、光導波路アレイ200、光ファイバ30の配置位置と、光ファイバ30までのレーザ光の集光状態について説明する。

図3（A）は、長軸（fast軸）方向から見た図である。各発光部12から出射されたレーザ光は、光導波路アレイ200の各光導波路20の入射面に入射されると、短軸方向においては各光導波路20内を反射しながら当該光導波路20からほとんど外部に漏れることなく進行し、（当該光導波路20の出射面に到達し、）光ファイバ30の入射面に入射される。

### 【0021】

また、図3（B）は、短軸（slow軸）方向から見た図であり、レーザ光を長軸（fast軸）方向に屈折及び集光する様子を示している。

図3（B）において、光導波路20（s, t）の各第1レンズ22a～22eの焦点距離を（f）とする。

なお、図3（B）において、光導波路20（s, t）を、発光部12（m, n）から当該光導波路20（s, t）の第1レンズの焦点距離（f）の位置に配置すると、光導波路20（s, t）を通過したレーザ光は、幅がほぼ均一化され、図3（B）中に2aで示すように集光される（この場合は束ねられる）。

また、光導波路20（s, t）を発光部12（m, n）から当該光導波路20（s, t）の焦点距離（f）よりもやや遠い（ $S_6$ ）の位置に配置し、 $(1/S_6 + 1/T_6 = 1/f)$  が成立する  $S_6$  及び  $T_6$  を設定し、発光部12から  $S_6 + T_6$  の距離に光ファイバ30（s, t）の入射面を配置すると、光導波路20（s, t）を通過したレーザ光は、図3（B）中に2c～2eで示すように集光される（この場合は集約される）。

## 【0022】

## [積層型光導波路の概略構造（図4）]

次に、図4を用いて、図3（A）に示した光導波路アレイ200の概略構成について説明する。なお、図4は、長軸方向から見た図であり、理解を容易にするために、図3（A）とは異なる寸法で記載している。

図4では、各光導波路20（s, t）の短軸方向の寸法を、ほぼ発光部12（m, n）の短軸方向の長さに設定している。これにより、短軸方向においては、1個の発光部12（m, n）から出射されたレーザ光を、当該発光部12（m, n）に対応する1個の光導波路20（s, t）に適切に入射することができる。また、各光導波路20（s, t）が、短軸方向において、互いに干渉することができない。

## 【0023】

更に、各光導波路20（s, t）の間の間隙を、当該光導波路20（s, t）よりも小さな屈折率を有する間隙部材25で埋めて、光導波路20と間隙部材25とを短軸方向に交互に複数配列した光導波路アレイ200を構成する。これにより、積層した光導波路（光導波路アレイ200）のサイズを（短軸方向に）大きくすることができるので、第1レンズの加工等を行う場合の保持がより容易になり、加工等をより容易に行うことができる。また、レーザ発光装置として所定の位置に配置して、その配置位置を微調整する際、個々の光導波路毎に微調整する必要がなく、一括して微調整することができるので便利である。

## 【0024】

## [光ファイバから出射されたレーザ光の集光（図5）]

次に、図5（A）及び（B）を用いて、図1において光ファイバ30（s, t）から出射されるレーザ光が、集光レンズ100で所定の位置（図5の〔位置SM〕）に集光される様子について説明する。

なお、光ファイバ30（s, t）の出射面は、図5（C）及び（D）に示すように、任意の形状に束ねられている。任意の形状とすることで、例えば、レーザ加工の場合、所望の形状で加工することができる。また、束ねる形状は、円形（図5（C））、四角形（図5（D））等に限定されず、様々な形状とすることが

可能である。また、束ねる場合において光ファイバの本数も、必要に応じて様々な本数を束ねることが可能である。

## 【0025】

図5 (A) 及び (B) において、レーザ光を集光する所定の位置を [位置SM] 、集光レンズ100の焦点距離を [f100] 、 [位置SM] から集光レンズ100の中心までの距離 (集光レンズ100の光軸方向における距離) を [距離T<sub>2</sub>] 及び [距離T<sub>3</sub>] 、集光レンズ100の中心から光ファイバ30 (s, t) の出射面までの距離 (集光レンズ100の光軸方向における距離) を [距離S<sub>2</sub>] 及び [距離S<sub>3</sub>] とする。

また、以下のように、 (S<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>) 、 (S<sub>3</sub>, T<sub>3</sub>) を設定する。

$$1/S_2 + 1/T_2 = 1/f_{100}$$

$$1/S_3 + 1/T_3 = 1/f_{100}, \text{ 且つ } S_3 > S_2$$

上記式に基づいた図5 (A) と (B) を比較すれば明らかなように、光ファイバ30 (s, t) の出射面から集光レンズ100の中心までの距離 [距離S<sub>X</sub>] が大きくなるほど、集光レンズ100の中心から [位置SM] までの距離 [距離T<sub>X</sub>] が小さくなる。また、 [距離T<sub>X</sub>] が小さくなるほど、 [位置SM] 上の [集光スポット距離Sout] が小さくなる。 [集光スポット距離Sout] が小さいほど、単位面積当たりのレーザ出力が増大され、レーザ加工等に有効となる。

なお、本実施例では、集光レンズ100から距離T<sub>X</sub>の位置 [位置SM] を集光点としているが、集光レンズ100から距離f100の位置 (集光レンズ100の焦点距離の位置) を集光点としてもよい。

## 【0026】

【光導波路20における、各第1レンズの構造 (光軸) 及び配置 (図6)】

次に、図6 (A) 及び (B) に、光導波路アレイ200の光導波路20 (この場合、図2に示す光導波路20) における、各第1レンズ (ここでは、第1レンズ22b, 22c) の構造 (光軸) 及び配置の例について、詳細を説明する。

図6 (A) 及び (B) に示す図では、各第1レンズの光軸をほぼ光ファイバ30 (s, t) の入射面の方向に向けるとともに、各第1レンズの位置をレーザ光の進行方向 (Z軸方向) と長軸方向 (X軸方向) に移動させて配置している。

## 【0027】

次に、図6 (A)、(B) を用いて、第1レンズの光軸を傾斜させた場合の、発光部12(2、1)に対応する第1レンズ22bの配置等について詳細を説明する。図6 (A) は、レーザ光を「束ねる」方法を実現する配置の例であり、図6 (B) は、レーザ光を「集約する」方法を実現する配置の例である。

## 【0028】

● [光軸を傾斜させるとともにレーザ光を束ねる配置 (図6 (A)) ]

以下、図6 (A) を用いて説明する。

第1レンズ22cは、発光部12(3、1)と、レーザ集光位置「FO」(この場合、光ファイバ30(1、1)の内部であり、光導波路20(1, 1)の外部である)を結んだ直線と、第1レンズ22cの光軸(Kc)が一致するように配置する。また、対応する発光部12(3、1)から第1レンズ22cの中心(Cc)までの距離が、第1レンズ22cの焦点距離(f)となる位置に配置する。

これにより、発光部12(3、1)から出射されたレーザ光は、第1レンズ22cを通過すると、幅がほぼ均一なレーザ光となる。また、焦点距離(f)の選定は、光ファイバ30(1、1)の径を考慮して選定する(焦点距離(f)を大きくすると、通過後のレーザ光の幅が大きくなるため)。

## 【0029】

次に、第1レンズ22bの配置を説明する。

まず、光ファイバ30において、入射可能な最大受光角の正弦で表される開口数(以下、NAという)より、光ファイバ30への入射角(θ)を、以下のように設定する。

$$\theta < \arcsin(NA)$$

発光部12(2, 1)と発光部12(3, 1)の長軸方向の距離を(d)として、第1レンズ22bの中心(Cb)が、対応する発光部12(2, 1)から、長軸方向の距離(Lx1)、レーザ光の進行方向の距離(Lz1)を、以下のように設定する。

$$Lx1 = f * \sin \theta$$

$$Lz1 = f * \cos \theta$$

## 【0030】

そして、第1レンズ22bを通過して幅がほぼ均一化されたレーザ光の幅の半分を（b）として、レーザ集光位置「F0」までの距離（Mz1+Nz1）を以下のように設定する。

$$Mz1 = d / \tan \theta$$

$$Nz1 = b / \sin \theta$$

なお、発光部12（3、1）からレーザ集光位置「F0」までの距離（L）は、図3（A）に示すように、ほぼ光導波路20の長さ（レーザ光の進行方向の長さ）である。よって、以下の式が成立するように、光導波路20の長さを選定する。

$$d / \tan \theta + b / \sin \theta = (\text{ほぼ光導波路20のZ軸方向の長さ})$$

その他の発光部12（m, n）に対しても同様に設定することができる。

ここで、光ファイバ30（1, 1）へのレーザ光の入射角（この場合「θ」）を小さく設定する（光ファイバ内のレーザ光の進行方向と、光ファイバの長手方向とのなす角度を小さくする）と、光導波路20（1, 1）のZ軸方向の長さが大きくなる。しかし、後述する第1の実施の形態～第5の実施の形態とすることで、光導波路20（1, 1）のZ軸方向の長さを短くできるとともに、光ファイバ30（1, 1）内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30（1, 1）の長手方向とのなす角度を小さくすることができる。このため、レーザ光の集光効率の向上と、レーザ集光装置の小型化を両立させることができる。

## 【0031】

【光軸を傾斜させるとともにレーザ光を集約する配置（図6（B））】

以下、図6（B）を用いて説明する。

第1レンズ22cは、発光部12（3, 1）と、レーザ集光位置「F0」（この場合、光ファイバ30（1, 1）の内部であり、光導波路20（1, 1）の外部である）を結んだ直線と、第1レンズ22cの光軸（Kc）が一致するように配置する。また、対応する発光部12（3, 1）から第1レンズ22cの中心（Cc）までの距離が、第1レンズ22cの焦点距離（f）よりも長い距離（S）となる位置に配置する。また、第1レンズ22cの中心（Cc）から光ファイバ30（

1, 1) の入射面までの距離を (T) として、以下の式が成立するように f, S 、T を設定する。

$$1/f = 1/S + 1/T$$

また、S + T = L であるため、S, T は以下となる。

$$S = [L - \sqrt{(L^2 - 4 * L * f)}] / 2$$

$$T = [L + \sqrt{(L^2 - 4 * L * f)}] / 2 \text{ (なお、} S < T \text{ とする)}$$

これにより、発光部 12 (3, 1) から出射されたレーザ光は、第 1 レンズ 22c を通過すると、幅が集約されていく。

### 【0032】

次に、第 1 レンズ 22b の配置を説明する。

まず、光ファイバ 30 への入射角 ( $\theta$ ) を、以下のように設定する。

$$\theta < \arcsin(NA)$$

発光部 12 (2, 1) から光ファイバ 30 (1, 1) の入射面までの距離を ( $L_1$ ) 、発光部 12 (2, 1) から第 1 レンズ 22b の中心 (Cb) までの距離を ( $S_1$ ) 、第 1 レンズ 22b の中心 (Cb) から光ファイバ 30 (1, 1) の入射面までの距離を ( $T_1$ ) とすると、以下の式が成立する。

$$L_1 = d / \sin \theta$$

$$S_1 = [L_1 - \sqrt{(L_1^2 - 4 * L_1 * f)}] / 2$$

$$T_1 = [L_1 + \sqrt{(L_1^2 - 4 * L_1 * f)}] / 2$$

### 【0033】

また、第 1 レンズ 22b の中心 (Cb) が、対応する発光部 12 (2, 1) から、長軸方向の距離 ( $Lx2$ ) 、レーザ光進行方向の距離 ( $Lz2$ ) を、以下のように設定する。

$$Lx2 = S_1 * \sin \theta$$

$$Lz2 = S_1 * \cos \theta$$

そして、発光部 12 (3, 1) からレーザ集光位置「FO」までの距離 (L) を以下のように設定する。

$$L = d / \tan \theta$$

なお、発光部 12 (3, 1) からレーザ集光位置「FO」までの距離 (L) は

、図3 (A) に示すように、ほぼ光導波路20の長さ（レーザ光の進行方向の長さ）である。よって、以下の式が成立するように、光導波路20の長さを選定する。

$$d / \tan \theta = (\text{ほぼ光導波路20のZ軸方向の長さ})$$

その他の発光部12 (m, n) に対しても同様に設定することができる。

ここで、光ファイバ30 (1, 1) へのレーザ光の入射角（この場合「 $\theta$ 」）を小さく設定する（光ファイバ内のレーザ光の進行方向と、光ファイバの長手方向とのなす角度を小さくする）と、光導波路20 (1, 1) のZ軸方向の長さが大きくなる。しかし、後述する第1の実施の形態～第5の実施の形態とすることで、光導波路20 (1, 1) のZ軸方向の長さを短くできるとともに、光ファイバ30 (1, 1) 内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30 (1, 1) の長手方向とのなす角度を小さくすることができる。このため、レーザ光の集光効率の向上と、レーザ集光装置の小型化を両立させることができる。

#### 【0034】

以上では、各第1レンズの焦点距離 (f) を一定として、距離 ( $S_1$ ) を各第1レンズ毎に設定したが、距離 ( $S_1$ ) を一定として、各第1レンズ毎に焦点距離 (f) を設定することも可能である。

この場合、距離 ( $S_1$ ) を一定として、焦点距離 (f) 及び距離 ( $T_1$ ) を以下のように設定する。

$$f = S_1 - (S_1)^2 / L_1$$

$$T_1 = L_1 - S_1$$

この場合、各第1レンズ毎に焦点距離 (f) が異なるため、各第1レンズ毎に曲率が異なる。発光部が中心から離れる程（光ファイバへの入射角が大きくなる程）、距離 ( $L_1$ ) が大きくなり、対応する第1レンズの焦点距離 (f) が大きくなるため、曲率が小さくなる（曲率半径が大きくなる）。

#### 【0035】

なお、第1レンズの断面が真円である場合、第1レンズのレンズ面が、当該真円の中心（図6 (A) 及び (B) のPb, Pc）まわりに回転しても、その特性は変わらない。そこで、図6 (A) に示した光軸を傾斜させた第1レンズにおいて

て、入射されるレーザ光の進行方向に対して、当該光軸がほぼ平行になるように回転させれば、光軸を傾斜させることなく、図6 (A) と同じ効果を実現できる。また、図6 (B) においても同様である。

## 【0036】

以下に、光導波路20から出射されたレーザ光を光ファイバ30に入射する際、光導波路20のZ軸方向の長さを短くするとともに、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向とのなす角度を小さくすることができ、レーザ光の集光効率の向上と、レーザ集光装置の小型化を両立させることができる、第1の実施の形態～第5の実施の形態について順に説明する。

## 【0037】

## ◆ [第1の実施の形態]

第1の実施の形態の概略図を、図7 (A) に示す。

第1の実施の形態は、光導波路20の出射面において、長軸方向 (X軸方向) に対して凹状の曲面を含ませている。また、光導波路20に入射されたレーザ光 (この場合、レーザ光2a、2e) の集光位置は、当該光導波路20の出射面の外部の「F0」である。

これにより、図7 (B) に示すような、光導波路20の出射面 (平面) と光ファイバ30の入射面 (平面) において、「位置SF」で平面と平面が向き合うように構成した場合の集光位置「F0」よりも、より遠い位置「F $\alpha$  (図7 (A) に示す)」に集光位置を移動させることができる。

このため、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向とのなす角度がより小さくなり、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失が抑制でき、集光効率を向上させることができる。

なお、図7 (A) 及び (B) において、レーザ光2aは、第1レンズ22a (図2) を通過してきたレーザ光を示し、レーザ光2eは、第1レンズ22e (図2) を通過してきたレーザ光を示している。

また、光導波路20の出射面に形成した凹状の曲面の概略形状は、図7 (A) の右下の斜視図に示すように、この例では非球面形状であり、短軸方向 (Y軸方向) においては曲面を形成していない。

## 【0038】

次に、図8 (A)、(B) を用いて、レーザ光2aの屈折の状態を説明する。この例では、光導波路20の屈折率を「n1」、間隙部分（例えば大気）の屈折率を「n0」、光ファイバ30の屈折率を「n2」としている。また、図8 (A) 及び (B) は、 $n0 < n1$ 、且つ  $n0 < n2$  の場合の図である。

## 【0039】

図8 (A) は、図7 (A) における「a」部分の拡大図である。レーザ光2aは、光導波路20の内部を進行し、当該光導波路20の出射面に、角度「 $\theta_1$ 」で到達する。そして、屈折率が  $n0 < n1$  であるため、レーザ光2aは、光導波路20の出射面から出射される際、角度「 $\theta_0$ 」で出射される。このとき、

$$n1 * \sin \theta_1 = n0 * \sin \theta_0$$

が成立する。また、 $n0 < n1$  より、

$$\theta_1 < \theta_0$$

が成立する。このため、角度「 $\theta_0$ 」の屈折により、光ファイバ30の入射面への入射角「 $\theta_{out}$ 」がより小さくなる。このレーザ光を2a' とする。

## 【0040】

そして、レーザ光2a' は、屈折率「n0」の間隙内を進行し、光ファイバ30の入射面に、角度「 $\theta_{out}$ 」で到達する。そして、屈折率が  $n0 < n2$  であるため、レーザ光2a' は、光ファイバ30の入射面に入射されると、角度「 $\theta_z$ 」で進行する。このとき、

$$n0 * \sin \theta_{out} = n2 * \sin \theta_z$$

が成立する。また、 $n0 < n2$  より、

$$\theta_z < \theta_{out}$$

が成立する。

以上により、光導波路20内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「 $\theta_{in}$ 」よりも、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「 $\theta_z$ 」の方が、より小さい角度となる。

これにより、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失

を抑制でき、集光効率を向上させることができる。

#### 【0041】

次に、図8（B）を用いて、光導波路20の出射面における凹状の曲面の形状の求め方を説明する。

光導波路20に入射される複数のレーザ光は、当該光導波路20の入射面に形成された第1レンズ22a～22e（図2）により屈折され、これらの全てのレーザ光は仮想焦点「F0」に向かって進行する（集光される）。このレーザ光の集光位置を、仮想焦点「F0」から焦点「F $\alpha$ 」に変換するには、光導波路20の出射面における凹状の曲面の形状が重要である。

まず、仮想焦点「F0」を中心として半径Rの円（図8（B）中の2点鎖線で示す仮想円）を描く。全てのレーザ光は、この円を通過した後、仮想焦点「F0」に到達する。このとき円（仮想円）から仮想焦点「F0」までの距離はRである。光導波路20の屈折率を「n1」として、仮想焦点「F0」と円（仮想円）の間に境界がなく、仮想焦点「F0」と円（仮想円）は光導波路の内部であると仮定すると、光路長は、

$$n_1 * R$$

となり、全てのレーザ光について一定である。

#### 【0042】

次に、円（仮想円）と仮想焦点「F0」の間に、凹状の曲面を有する出射面が存在するときを考える。中心光軸上（図8（B）中のZ軸方向の1点鎖線）のレーザ光において、円（仮想円）から凹状の出射面までの距離をL<sub>a</sub>、凹状の出射面から焦点「F $\alpha$ 」までの距離をL<sub>b</sub>とする。また、任意のレーザ光において（この例では、図8（B）中のレーザ光2a）、円（仮想円）から凹状の出射面までの距離をL<sub>a'</sub>、凹状の出射面から焦点「F $\alpha$ 」までの距離をL<sub>b'</sub>とする。全てのレーザ光が焦点「F $\alpha$ 」に集光するためには、上記の凹状の出射面が無い場合と同様に、光路長が一定でなければならない。光導波路20出射面の先の間隙の屈折率を「n0」とすると、

$$n_1 * L_a + n_0 * L_b = n_1 * L_{a'} + n_0 * L_{b'} \quad (式1)$$

を満足する必要がある。

凹状の出射面の形状（非球面形状）は、光導波路20内を進行する各レーザ光毎に上記（式1）を満足するような出射点（凹状の出射面上の通過点）を求め、これらの点群を結ぶことにより得られる。

## 【0043】

次に、図8（C）を用いて、ビーム品質（Beam Parameter Product : BPP）について説明する。レーザ光等、光の回折限界により生ずるビームウエスト $b_w$ は、光の波長を $\lambda$ 、全角を $\theta$ （図8（C）に示す拡がり角）とすると、次式で与えられる。

$$b_w = 4 * \lambda / (\pi * \theta) \quad (\text{式2})$$

これより、全角 $\theta$ が大きい程、ビームウエスト $b_w$ が小さくなり、より小さなスポットサイズに集光することができる。

また、ビーム品質（BPP）は、次式で与えられる。

$$BPP = (b_w / 2) * (\theta / 2) \quad (\text{式3})$$

上記の（式3）に、（式2）を代入すると、

$$BPP = \lambda / \pi \quad (\text{式4})$$

が得られる。

## 【0044】

上記の（式4）によると、ビーム品質は全角 $\theta$ に影響されないので、全角 $\theta$ を大きくしても、ビーム品質を低下させることなく、集光することができる。このため、光導波路20のZ軸方向の長さを短くして、全角 $\theta$ を大きくした場合、光ファイバ30への入射角が大きくなるが、光導波路20の出射面に、図8（A）及び（B）に示すような凹状の曲面を含ませることで、光ファイバ30への入射角を充分小さくすることができる。

これにより、光導波路アレイ200のサイズを小さくする（Z軸方向の長さを短くする）とともに、光ファイバ30への入射角を小さくすることができ、集光効率を向上させるとともに、レーザ発光装置のサイズをより小型化することができる。

## 【0045】

## ◆ [第2の実施の形態]

第2の実施の形態の概略図を、図9（A）に示す。

第2の実施の形態は、光導波路20の出射面でなく、光ファイバ30の入射面において、長軸方向（X軸方向）に対して凹状の曲面を含ませている。また、光導波路20に入射されたレーザ光（この場合、レーザ光2a、2e）の集光位置は、第1の実施の形態と同様に、当該光導波路20の出射面の外部の「FO」である。

これにより、図9（B）に示すような、光導波路20の出射面（平面）と光ファイバ30の入射面（平面）において、「位置SF」で平面と平面が向き合うように構成した場合の集光位置「FO」よりも、より遠い位置「FB」（図9（A）に示す）」に集光位置を移動させることができる。

このため、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向とのなす角度がより小さくなり、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失が抑制でき、集光効率を向上させることができる。

また、光ファイバ30の入射面に形成した凹状の曲面の概略形状は、図9（A）の右下の斜視図に示すように、この例では非球面形状であり、短軸方向（Y軸方向）においては曲面を形成していない。

#### 【0046】

次に、図9（C）を用いて、レーザ光2aの屈折の状態を説明する。この例では、光導波路20の屈折率を「n1」、間隙部分（例えば所定の屈折率を有する充填材等）の屈折率を「n3」、光ファイバ30の屈折率を「n2」としている。また、図9（A）及び（C）は、 $n1 < n3 < n2$ の場合の図である。

#### 【0047】

図9（C）は、図9（A）における「b」部分の拡大図である。レーザ光2aは、光導波路20の内部を進行し、当該光導波路20の出射面に、角度「θin」で到達する。そして、屈折率が $n1 < n3$ であるため、レーザ光2aは、光導波路20の出射面から出射される際、角度「θout」で出射される。このとき、

$$n1 * \sin \theta in = n3 * \sin \theta out$$

が成立する。また、 $n1 < n3$ より、

$$\theta out < \theta in$$

が成立する。このため、角度「 $\theta_{out}$ 」の屈折により、光ファイバ30の入射面への入射角「 $\theta_{out}$ 」がより小さくなる。このレーザ光を $2a'$ とする。

#### 【0048】

そして、レーザ光 $2a'$ は、屈折率「 $n_3$ 」の充填材内を進行し、光ファイバ30の入射面（光ファイバ30の入射面は、凹状の曲面を有している）に、角度「 $\theta_3$ 」で到達する。そして、屈折率が $n_3 < n_2$ であるため、レーザ光 $2a'$ は、光ファイバ30の入射面に入射されると、角度「 $\theta_2$ 」で進行する。このとき、

$$n_3 * \sin \theta_3 = n_2 * \sin \theta_2$$

が成立する。また、 $n_3 < n_2$ より、

$$\theta_2 < \theta_3$$

が成立する。

以上により、光導波路20内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「 $\theta_{in}$ 」よりも、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「 $\theta_z$ 」の方が、より小さい角度となる。

これにより、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失を抑制でき、集光効率を向上させることができる。

なお、光ファイバ30の凹状の曲面の形状は、第1の実施の形態と同様の考え方で求めることができるため、説明を省略する。

#### 【0049】

##### ◆ [第3の実施の形態]

第3の実施の形態の概略図を、図10（A）に示す。

第3の実施の形態は、光導波路20の出射面において、長軸方向（X軸方向）に対して、凹状の曲面でなく、凸状の曲面を含ませている。なお、光導波路20に入射されたレーザ光（この場合、レーザ光 $2a$ 、 $2e$ ）の集光位置は、当該光導波路20の出射面の内部の「F0」である。

このため、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向とのなす角度がより小さくなり、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部

への漏れによる損失が抑制でき、集光効率を向上させることができる。

また、凸状の曲面の概略形状は、この例では第1の実施の形態と同様に、非球面形状であり、短軸方向（Y軸方向）においては曲面を形成していない。

#### 【0050】

次に、図11（A）を用いて、レーザ光2eの屈折の状態を説明する。この例では、光導波路20の屈折率を「n1」、間隙部分（例えば大気）の屈折率を「n0」、光ファイバ30の屈折率を「n2」としている。また、図10（A）及び図11（A）は、 $n0 < n1$ 、且つ $n0 < n2$ の場合の図である。

#### 【0051】

図11（A）は、図10（A）における「c」部分の拡大図である。レーザ光2eは、光導波路20の内部を進行し、当該光導波路20の出射面に、角度「θ1」で到達する。そして、屈折率が $n0 < n1$ であるため、レーザ光2eは、光導波路20の出射面から出射される際、角度「θ0」で出射される。このとき、

$$n1 * \sin \theta 1 = n0 * \sin \theta 0$$

が成立する。また、 $n0 < n1$ より、

$$\theta 1 < \theta 0$$

が成立する。このため、角度「θ0」の屈折により、光ファイバ30の入射面への入射角「θout」がより小さくなる。このレーザ光を2e'とする。

#### 【0052】

そして、レーザ光2e'は、屈折率「n0」の間隙内を進行し、光ファイバ30の入射面に、角度「θout」で到達する。そして、屈折率が $n0 < n2$ であるため、レーザ光2a'は、光ファイバ30の入射面に入射されると、角度「θz」で進行する。このとき、

$$n0 * \sin \theta out = n2 * \sin \theta z$$

が成立する。また、 $n0 < n2$ より、

$$\theta z < \theta out$$

が成立する。

以上により、光導波路20内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「θin」よりも、光ファイバ30内のレーザ光の進

行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「 $\theta_z$ 」の方が、より小さい角度となる。

これにより、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失を抑制でき、集光効率を向上させることができる。

なお、光ファイバ30の凸状の曲面の形状は、第1の実施の形態と同様の考え方で求めることができるため、説明を省略する。

#### 【0053】

##### ◆ [第4の実施の形態]

第4の実施の形態の概略図を、図10（B）に示す。

第4の実施の形態は、光導波路20の出射面、及び光ファイバ30の入射面は、ともに平面であるが、互いの平面の間に、所定の屈折率を有する充填材を設けている。なお、光導波路20に入射されたレーザ光（この場合、レーザ光2a、2e）の集光位置「F0」は、当該光導波路20の出射面の内部であっても外部であってもよい。この例では、集光位置「F0」は光導波路20の内部である。

この場合、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向とのなす角度がより小さくなり、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失が抑制でき、集光効率を向上させることができる。

#### 【0054】

次に、図11（B）を用いて、レーザ光2aの屈折の状態を説明する。この例では、光導波路20の屈折率を「n1」、間隙部分（例えば所定の屈折率を有する充填材等）の屈折率を「n3」、光ファイバ30の屈折率を「n2」としている。また、図10（B）及び図11（B）は、 $n1 < n3 < n2$ の場合の図である。

#### 【0055】

図11（B）は、図10（B）における「d」部分の拡大図である。レーザ光2eは、光導波路20の内部を進行し、当該光導波路20の出射面に、角度「 $\theta_{in}$ 」で到達する。そして、屈折率が $n1 < n3$ であるため、レーザ光2eは、光導波路20の出射面から出射される際、角度「 $\theta_{out}$ 」で出射される。このとき

$$n_1 * \sin \theta_{in} = n_3 * \sin \theta_{out}$$

が成立する。また、 $n_1 < n_3$  より、

$$\theta_{out} < \theta_{in}$$

が成立する。このため、角度「 $\theta_{out}$ 」の屈折により、光ファイバ30の入射面への入射角「 $\theta_{out}$ 」がより小さくなる。このレーザ光を $2e'$ とする。

### 【0056】

そして、レーザ光 $2e'$ は、屈折率 $n_3$ の充填材内を進行し、光ファイバ30の入射面に、角度「 $\theta_{out}$ 」で到達する。そして、屈折率が $n_3 < n_2$ であるため、レーザ光 $2e'$ は、光ファイバ30の入射面に入射されると、角度「 $\theta_z$ 」で進行する。このとき、

$$n_3 * \sin \theta_{out} = n_2 * \sin \theta_z$$

が成立する。また、 $n_3 < n_2$  より、

$$\theta_z < \theta_{out}$$

が成立する。

以上により、光導波路20内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「 $\theta_{in}$ 」よりも、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向（Z軸方向）とのなす角度「 $\theta_z$ 」の方が、より小さい角度となる。

これにより、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失を抑制でき、集光効率を向上させることができる。

### 【0057】

#### ◆ [第5の実施の形態]

第5の実施の形態の概略図を、図10 (C) に示す。

第5の実施の形態は、第4の実施の形態に加えて、光ファイバ30の入射面に、長軸方向（X軸方向）に対して凸状の曲面を含ませている。なお、光導波路20に入射されたレーザ光（この場合、レーザ光 $2a$ 、 $2e$ ）の集光位置「FO」は、当該光導波路20の出射面の内部である。

この場合、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向とのなす角度がより小さくなり、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部

への漏れによる損失が抑制でき、集光効率を向上させることができる。

#### 【0058】

次に、図11 (C) を用いて、レーザ光2aの屈折の状態を説明する。第4の実施の形態と同様に、図10 (C) 及び図11 (C) は、 $n_1 < n_3 < n_2$  の場合の図である。以下、第4の実施の形態との相違点について説明する。

#### 【0059】

レーザ光2e'までは、第4の実施の形態と同じである。レーザ光2e'は、屈折率 $n_3$ の充填材内を進行し、光ファイバ30の入射面に、角度「 $\theta_3$ 」で到達する。そして、屈折率が $n_3 < n_2$ であるため、レーザ光2e'は、光ファイバ30の入射面に入射されると、角度「 $\theta_2$ 」で進行する。このとき、

$$n_3 * \sin \theta_3 = n_2 * \sin \theta_2$$

が成立する。また、 $n_3 < n_2$ より、

$$\theta_2 < \theta_3$$

が成立する。

以上により、光導波路20内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向 (Z軸方向) とのなす角度「 $\theta_{in}$ 」よりも、光ファイバ30内のレーザ光の進行方向と光ファイバ30の長手方向 (Z軸方向) とのなす角度「 $\theta_z$ 」の方が、より小さい角度となる。

これにより、光ファイバ30に入射されたレーザ光の外部への漏れによる損失を抑制でき、集光効率を向上させることができる。

#### 【0060】

本発明の集光装置及びレーザ発光装置は、本実施の形態で説明した形状、構成等に限定されず、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更、追加、削除が可能である。

本発明の集光装置及びレーザ発光装置は、レーザ加工装置等、レーザ光を用いた種々の装置に適用することが可能である。

本実施の形態の説明に用いた数値は一例であり、この数値に限定されるものではない。

また、光導波路20及び光ファイバ30の形状、サイズ、材質等は、実施の形

態の説明及び図に限定されるものではない。

また、各実施の形態における光導波路20は、図1の集光システム（レーザ発光装置）に組み込まれる場合、図2に示す第1レンズ22a～22eが精密加工されるが、全体形状は、図2に示す三角形に限定されない。

また、本実施の形態では、光導波路に入射されたレーザ光を所定の方向に、且つ所定の位置に集光する集光手段として、各光導波路の入射面に第1レンズを設けたが、第1レンズを設ける代わりに、各光導波路の入射面にレンズを設けることなく平面として、光導波路アレイと半導体レーザアレイとの間に、第1レンズに相当するレンズアレイを設けるようにしてもよい。集光手段は、種々の方法で実現することができる。

さらに、光導波路20の出射面と光ファイバ30の入射面との間に充填材を介在させる場合、光導波路20の出射面に凹面または凸面を形成してもよい。

#### 【0061】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項1または2に記載の集光装置、あるいは請求項3または4に記載のレーザ発光装置を用いれば、半導体レーザアレイの複数の発光部から出射された各レーザ光を、より効率良く集光でき、且つより容易に実現できる集光装置及びレーザ発光装置を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の集光装置及びレーザ発光装置の一実施の形態の概略構成図である。

#### 【図2】

光導波路20の概略構造について説明する図である。

#### 【図3】

発光部12、光導波路アレイ200、光ファイバ30の配置位置と、光ファイバ30までのレーザ光の集光状態について説明する図である。

#### 【図4】

光導波路アレイ200の概略構成について説明する図である。

#### 【図5】

光ファイバ30 (s, t) から出射されるレーザ光が、集光レンズ100で所定の位置に集光される様子について説明する図である。

【図6】

光導波路アレイ200の光導波路20における、各第1レンズの構造（光軸）及び配置の例について説明する図である。

【図7】

第1の実施の形態における、光導波路20の出射面の概略形状を説明する図である。

【図8】

第1の実施の形態における、レーザ光の屈折の状態を説明する図である。

【図9】

第2の実施の形態における、光ファイバ30の入射面の概略形状、及びレーザ光の屈折の状態を説明する図である。

【図10】

第3の実施の形態～第5の実施の形態における、光導波路20の出射面あるいは光ファイバ30の入射面の概略形状を説明する図である。

【図11】

第3の実施の形態～第5の実施の形態における、レーザ光の屈折の状態を説明する図である。

【図12】

従来の半導体レーザ集光装置の概略構成を説明する図である。

【図13】

従来の半導体レーザ集光装置において、各レンズの配置位置と、各レンズを通過したレーザ光が集光される様子を説明する図である。

【符号の説明】

2、2a、2a'、2c、2e、2e' レーザ光

10 半導体レーザアレイ

12 発光部

20 光導波路

22a～22e 第1レンズ（集光手段）

25 間隙部材

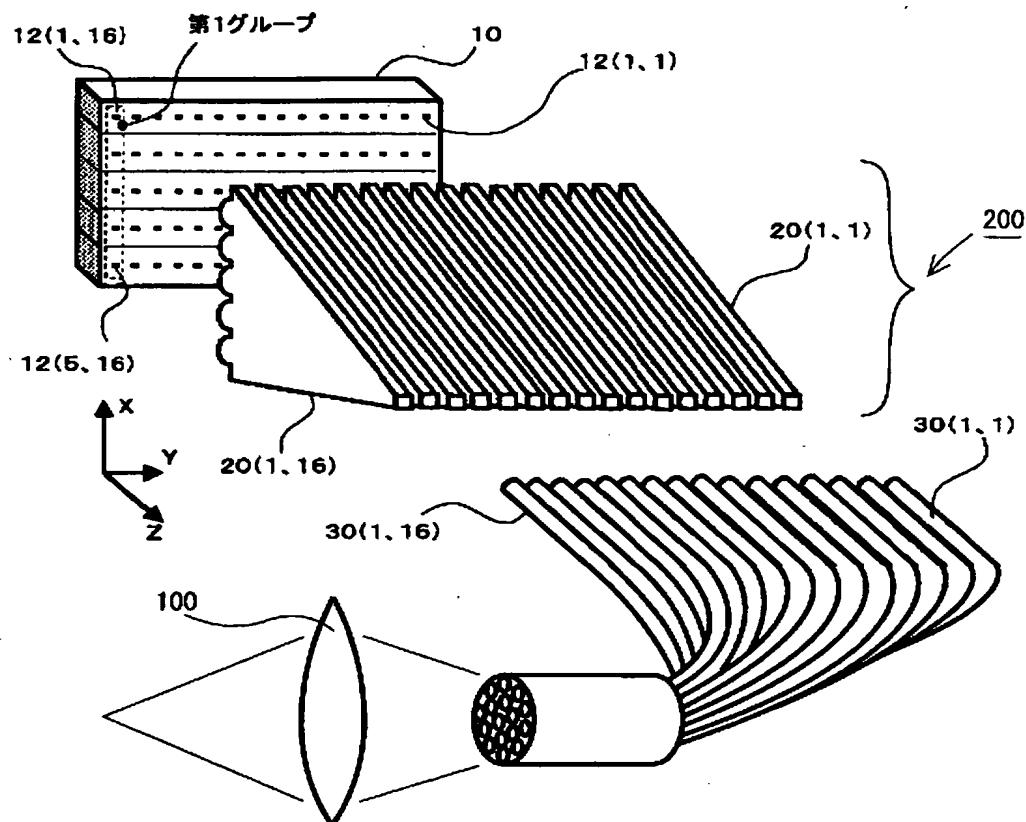
30 光ファイバ

100 集光レンズ

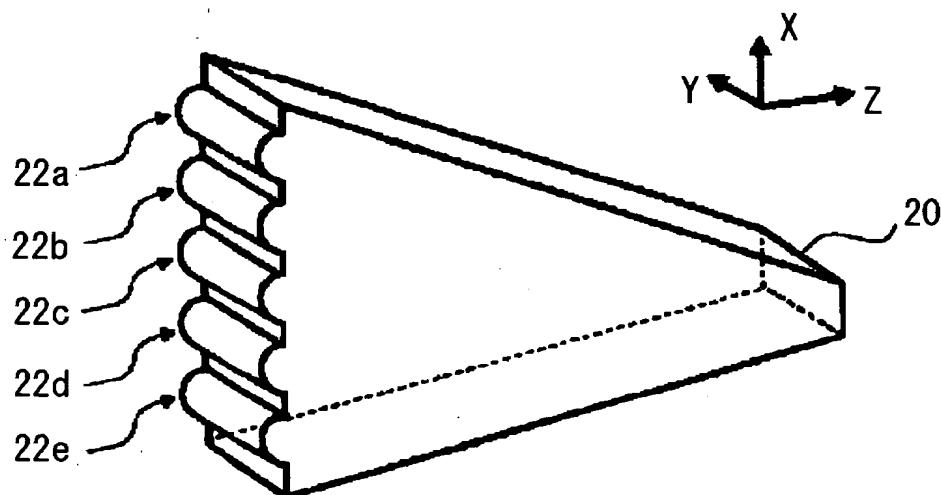
200 光導波路アレイ

【書類名】 図面

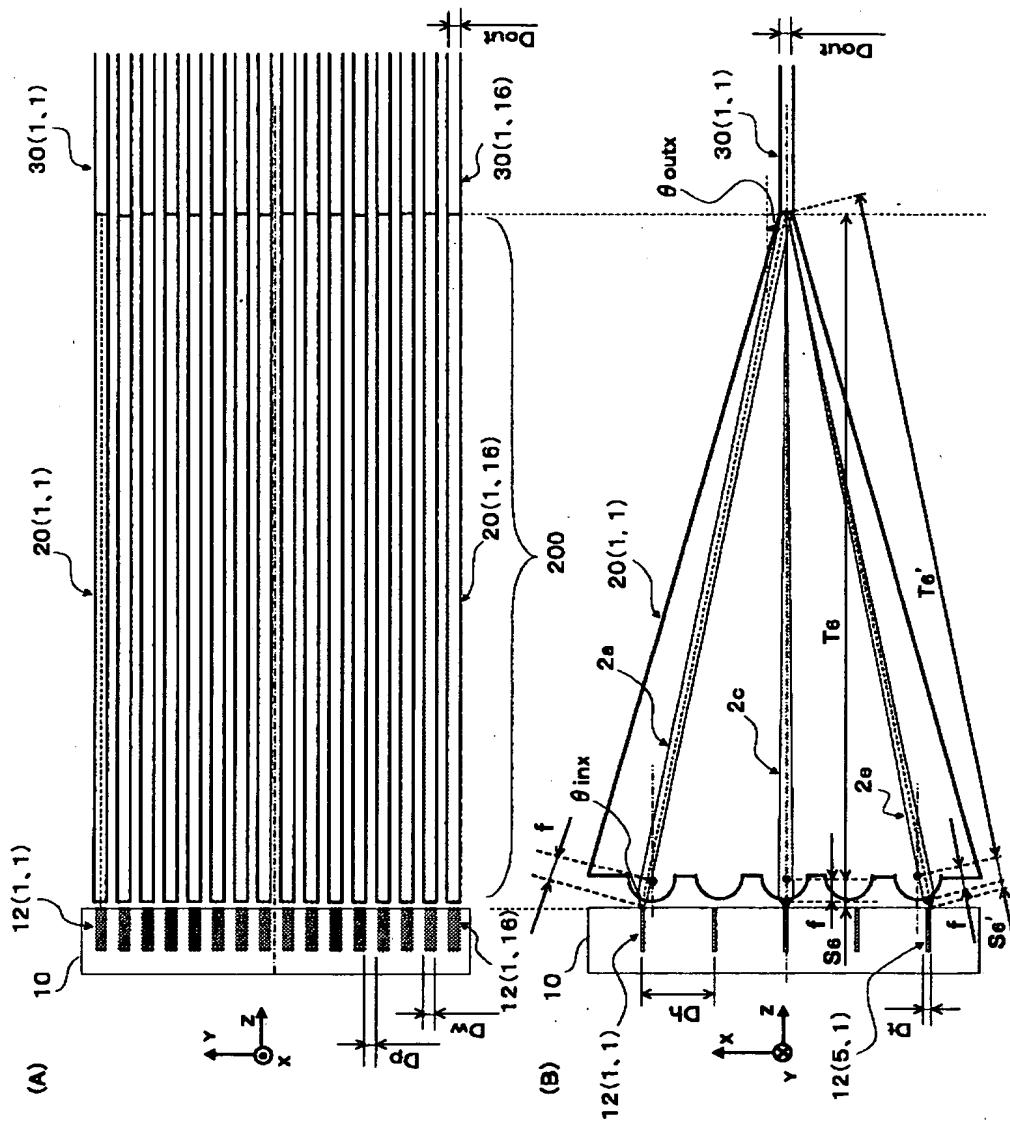
【図1】



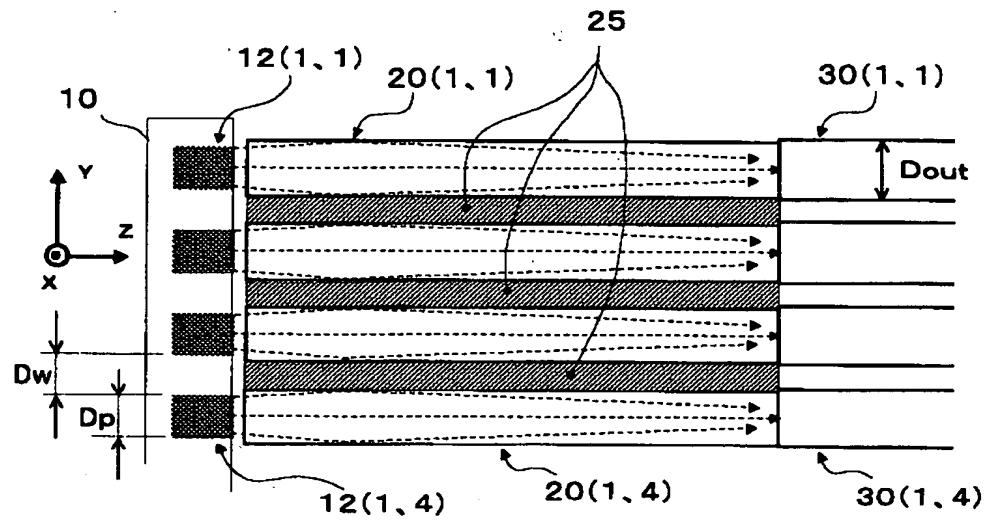
【図2】



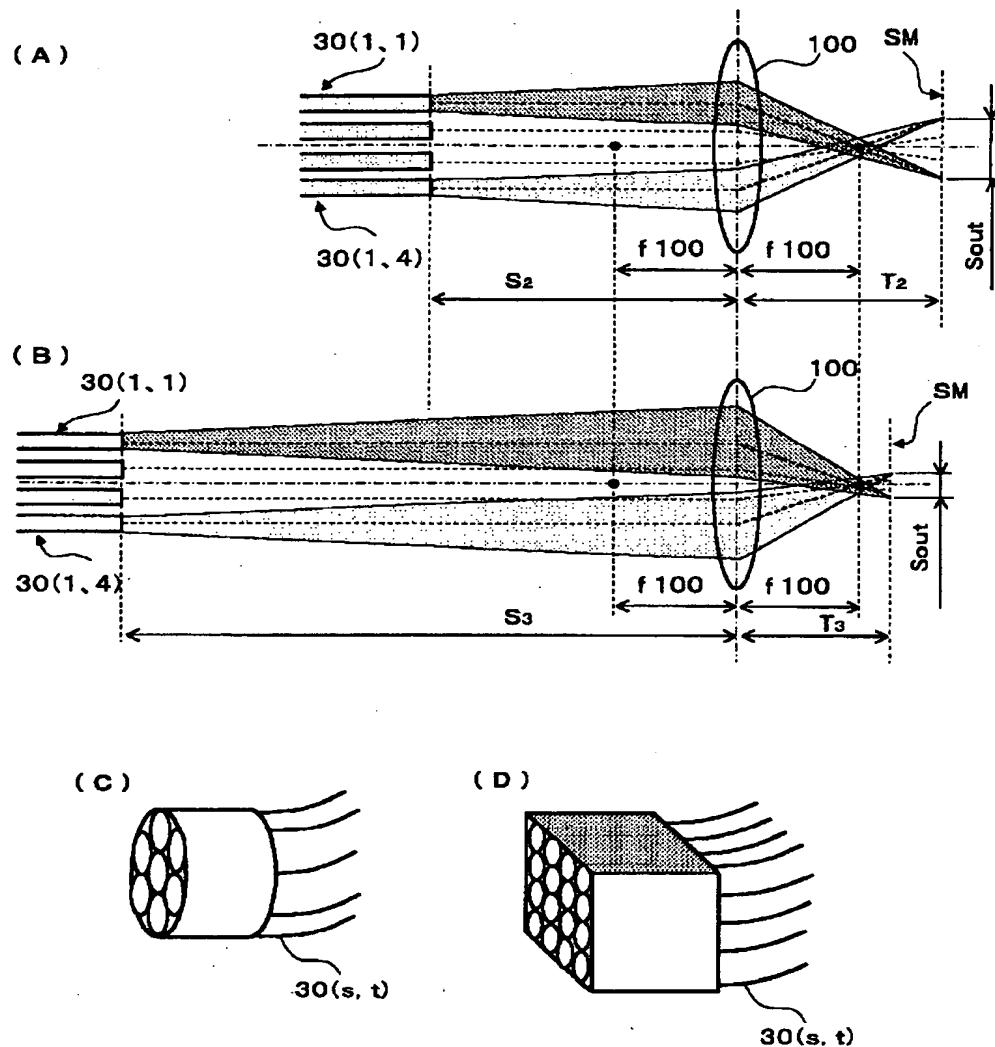
【図3】



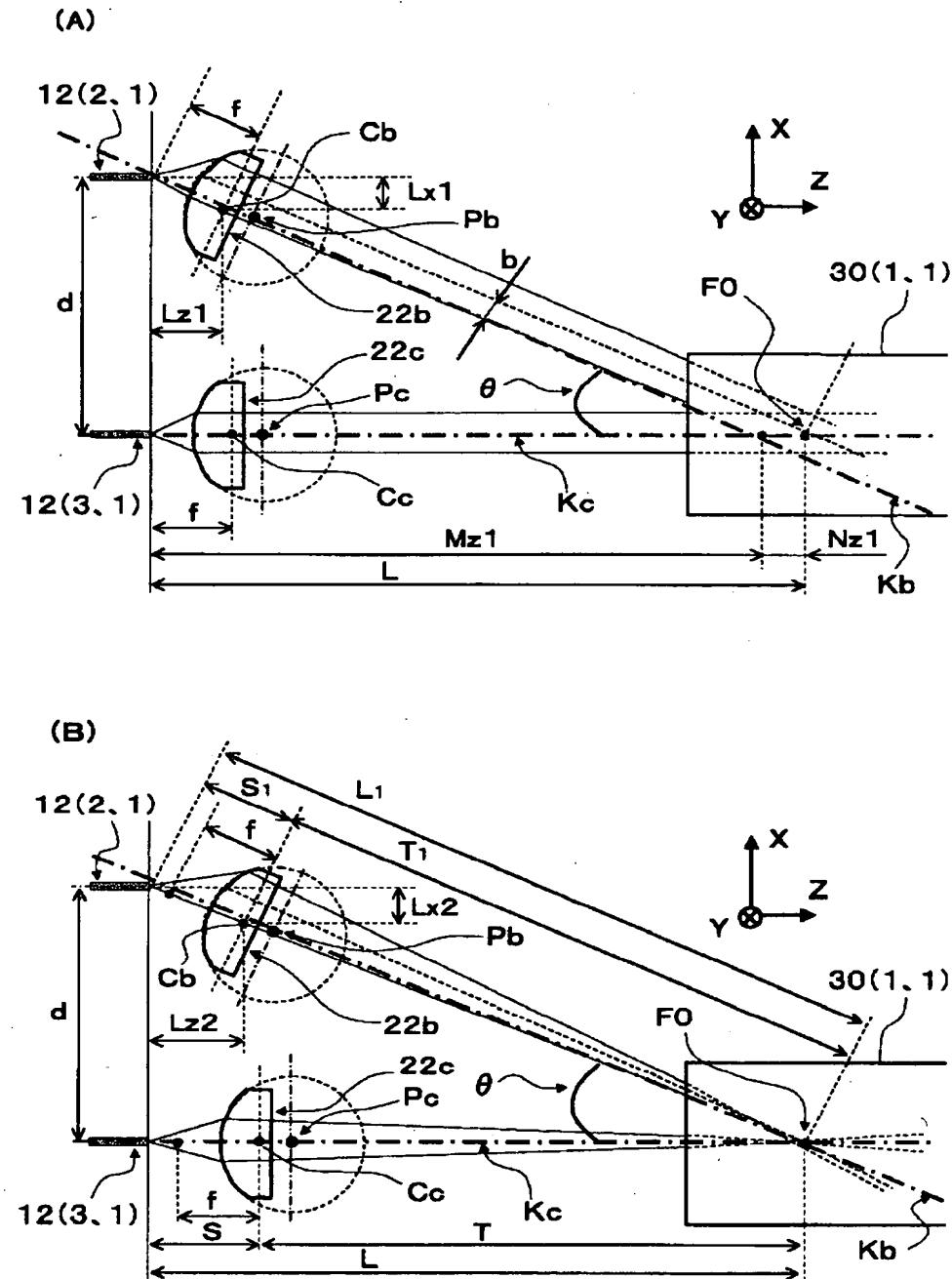
【図4】



【図5】

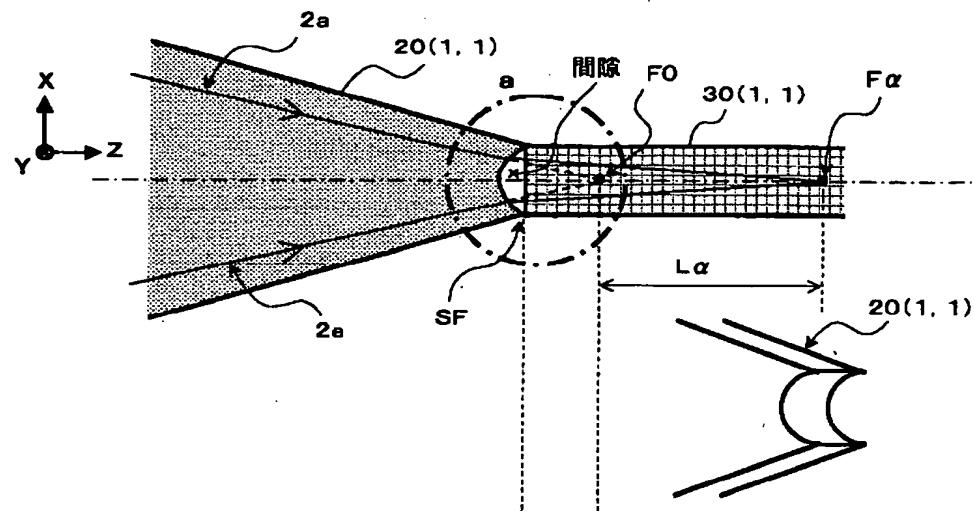


【図6】

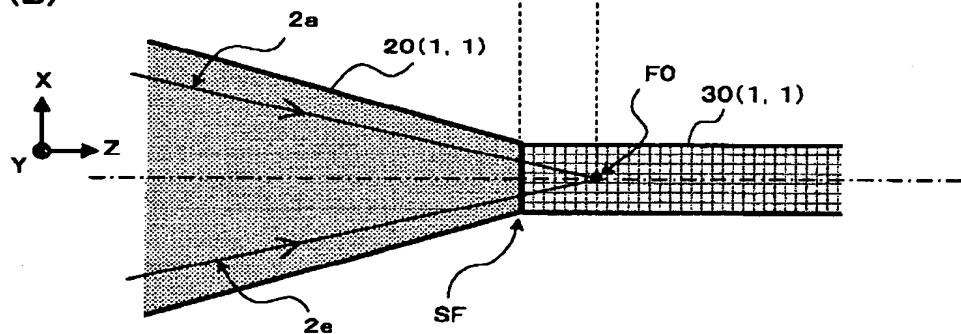


【図7】

## (A) 第1の実施の形態

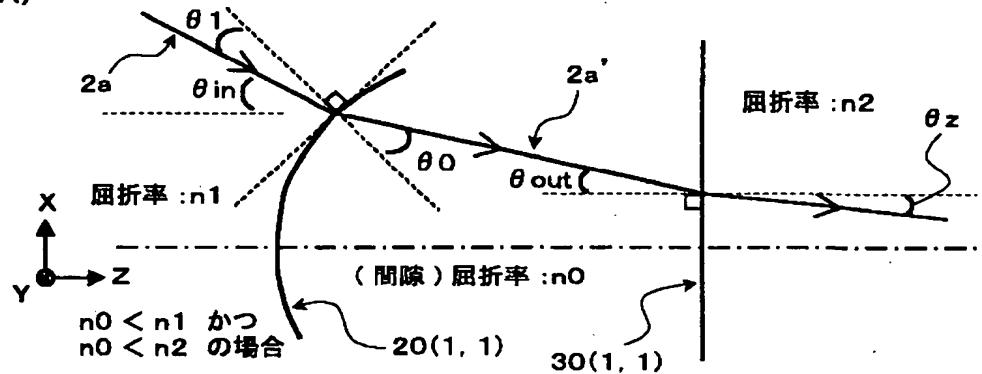


## (B)

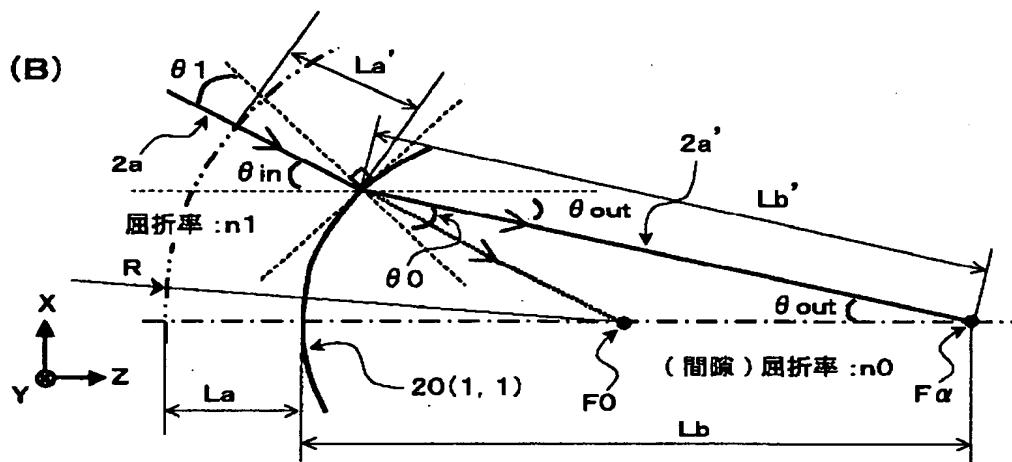


【図8】

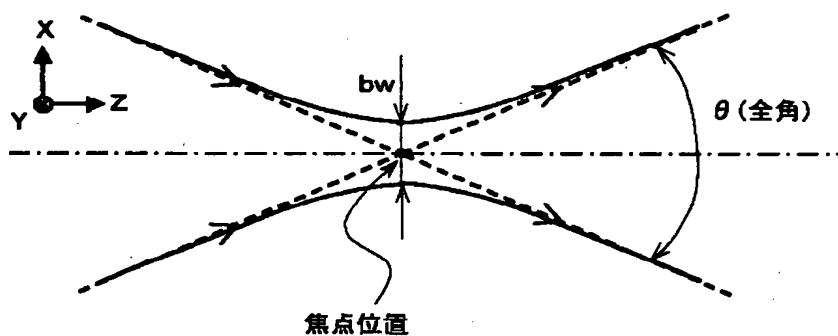
(A)



(B)

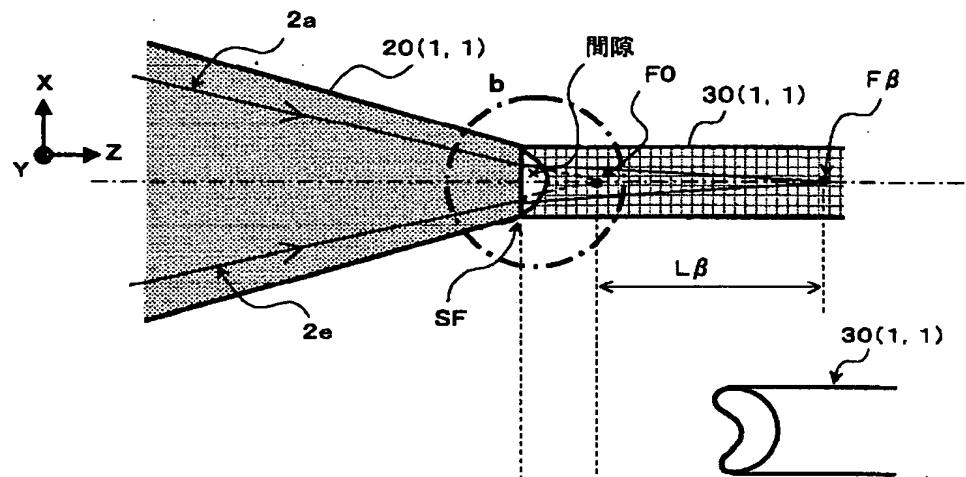


(C)

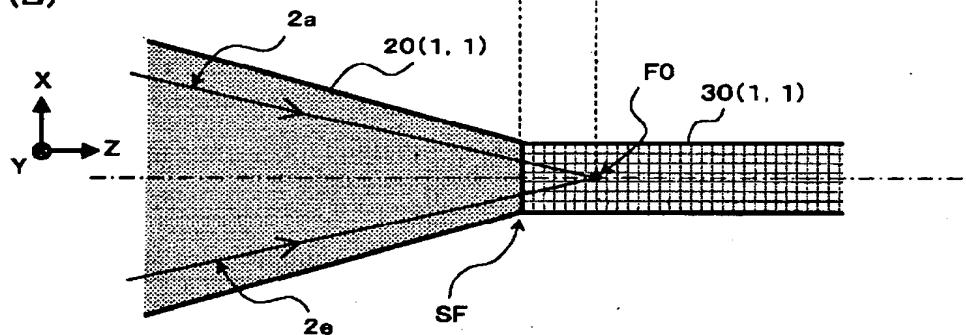


【図9】

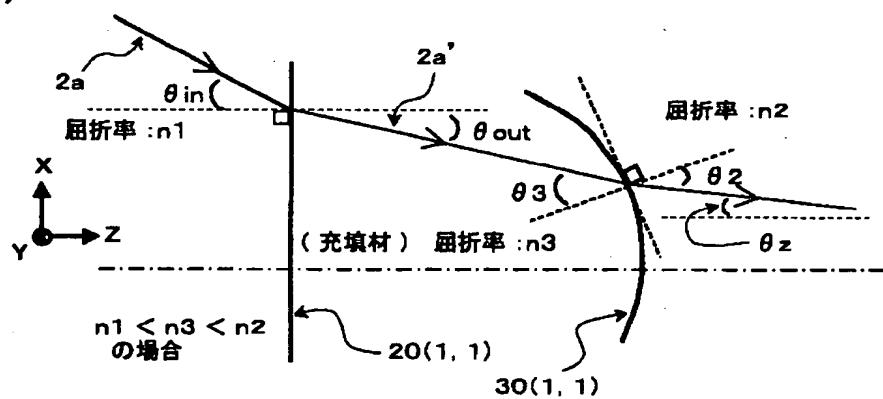
## (A) 第2の実施の形態



(B)

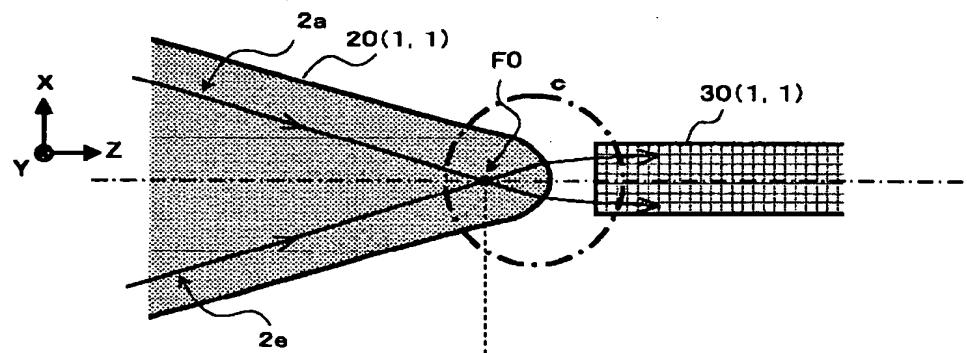


(C)

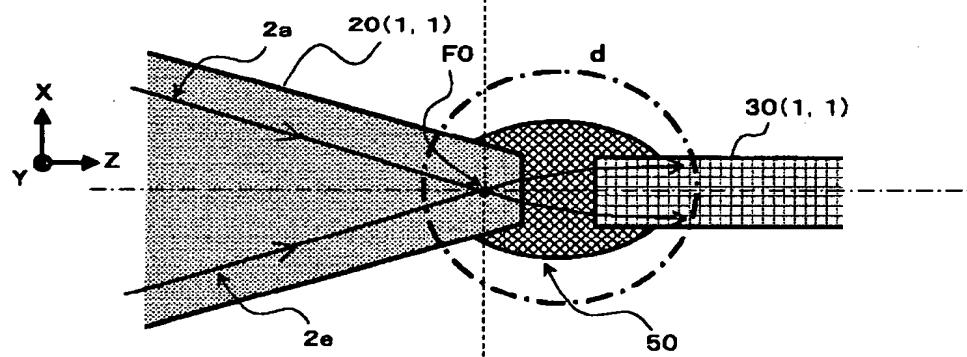


【図10】

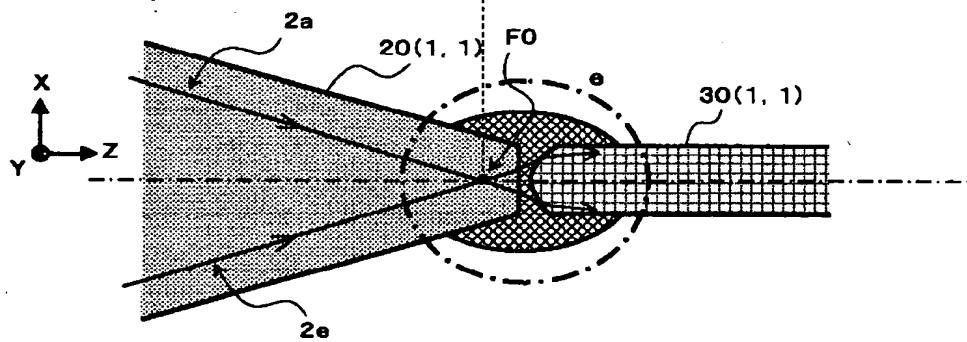
## (A) 第3の実施の形態



## (B) 第4の実施の形態

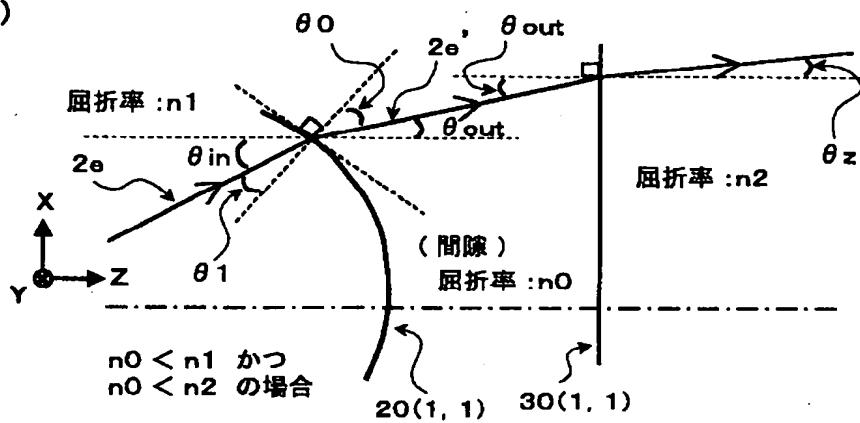


## (C) 第5の実施の形態

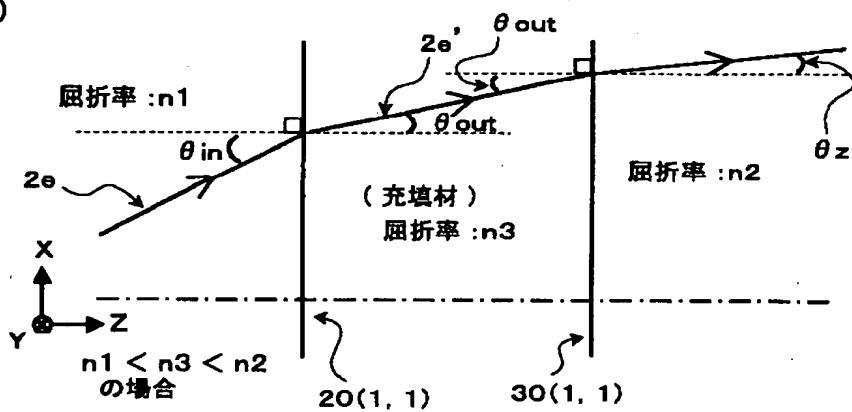


【図11】

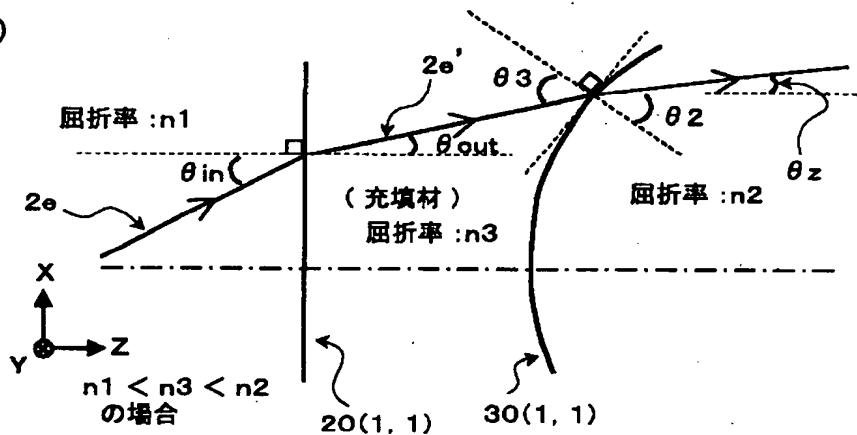
(A)



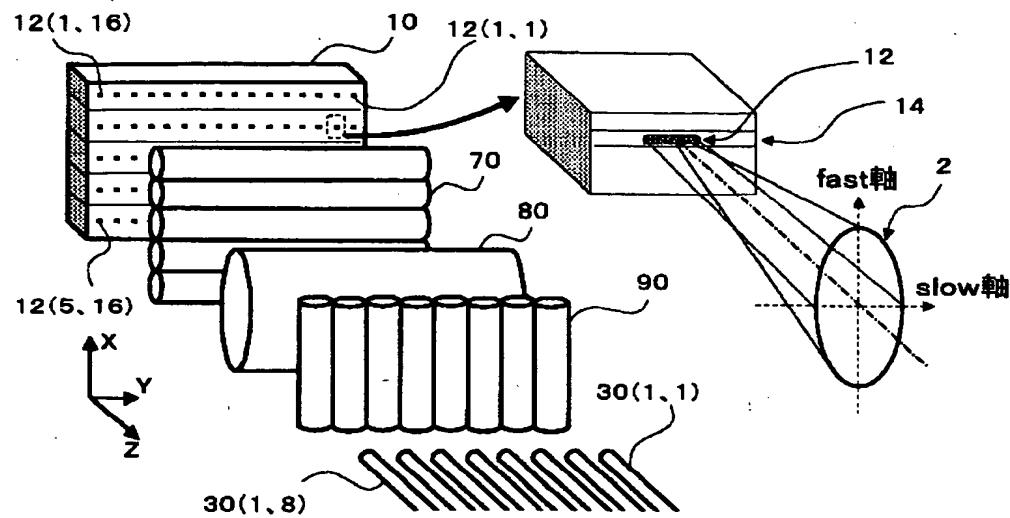
(B)



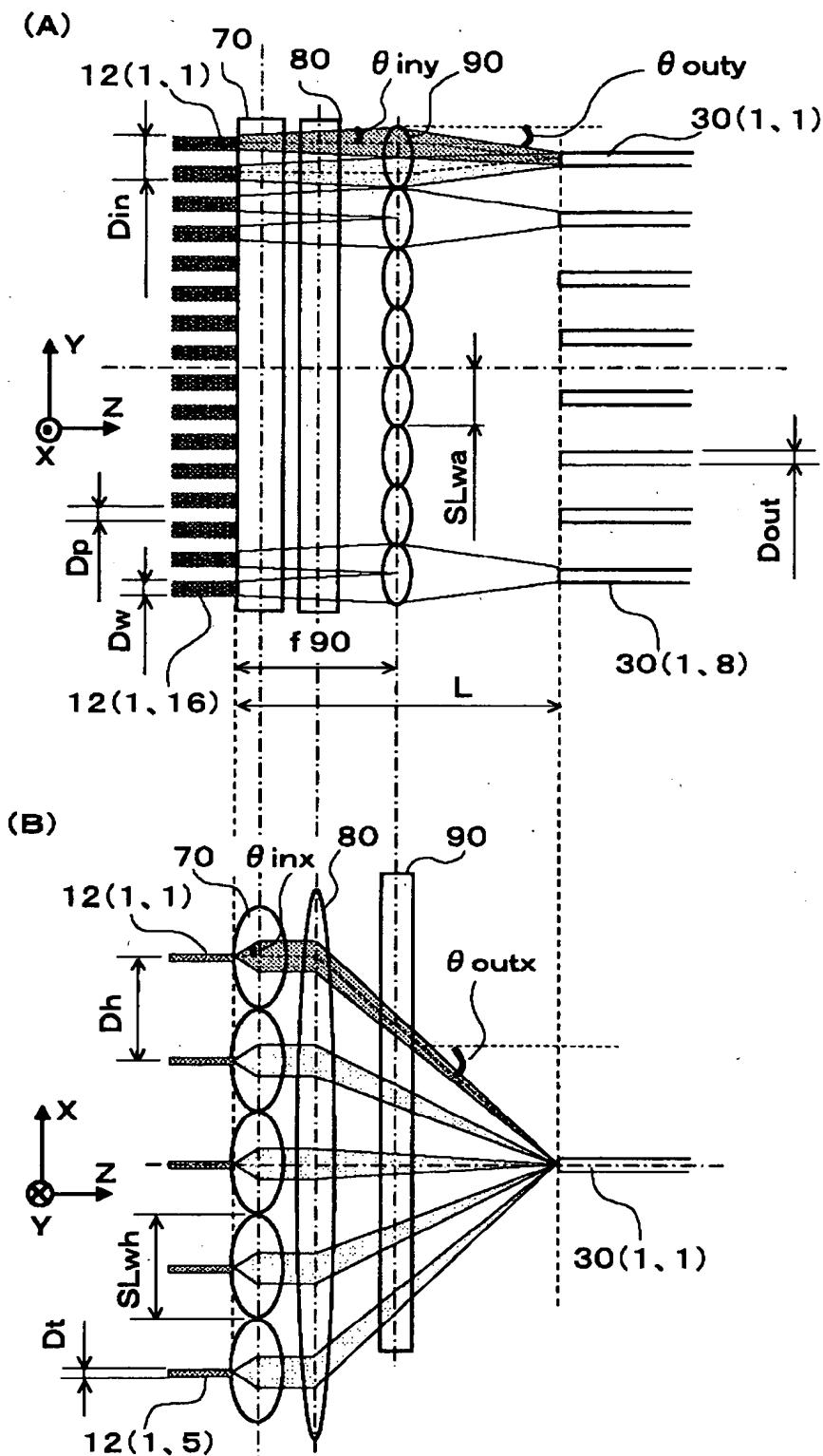
(C)



【図1.2】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体レーザアレイの複数の発光部から出射された各レーザ光を、より効率良く集光でき、且つより容易に実現できる集光装置及びレーザ発光装置を提供する。

【解決手段】 入射面に入射された光（2a）を所定の方向に、且つ所定の位置（F0）に向けて集光して出射面から出射する光導波路20と、当該光導波路20の出射面から出射された光（2a'）を光ファイバ30の入射面に入射する集光装置であって、光導波路20の出射面で屈折する前の光における、光ファイバ30の長手方向に対する角度に対して、光ファイバ30の入射面で屈折した後の光における、光ファイバ30の長手方向に対する角度を小さくする屈折手段を、光導波路20の出射面と光ファイバ30の入射面との間に設ける。

【選択図】 図8

出願人履歴情報

識別番号 [000003470]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地  
氏 名 豊田工機株式会社